



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift  
①0 DE 41 17 829 A 1

②1 Aktenzeichen: P 41 17 829.7  
②2 Anmeldetag: 29. 5. 91  
④3 Offenlegungstag: 3. 12. 92

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**F 02 B 47/06**  
F 02 M 25/10  
F 01 P 3/20  
C 07 C 19/08  
C 07 C 43/12  
B 01 D 61/24  
B 01 D 53/22  
F 23 L 7/00

DE 41 17 829 A 1

⑦1 Anmelder:  
Luderer, Frank, O-2520 Rostock, DE

⑦2 Erfinder:  
gleich Anmelder

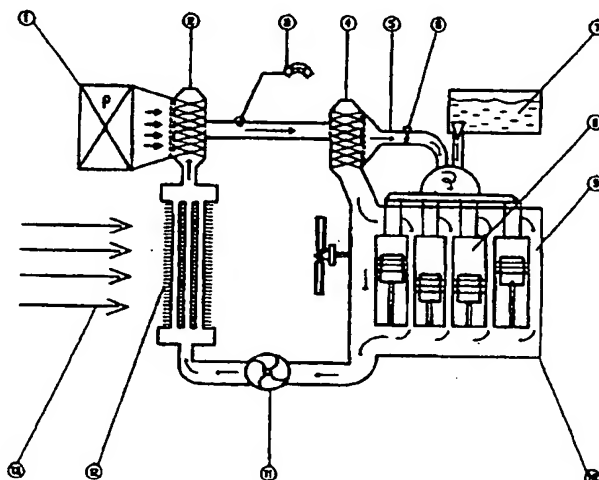
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE	29 38 556 A1
DE	29 35 622 A1
DE-OS	23 06 494
DE	39 90 102 T1
DE	22 00 563
US	37 39 033
EP	03 12 910 A2

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur Sauerstoffanreicherung der Verbrennungsluft in mobilen und stationären Verbrennungsmotoren und Feuerungsanlagen

⑤7 Bei diesem Verfahren wird ein chemischer Stoff (vorzugsweise Perfluorcarbone) genutzt, der Sauerstoff reversibel aus der Umgebungsluft spezifisch aufnehmen und abgeben kann. Dieser Stoff wird in flüssiger Form in einem geschlossenen Kreislauf geführt, der so gestaltet ist, daß an einer Stelle Sauerstoff von dieser Substanz durch eine gasdurchlässige oberflächenvergrößerte Membran aufgenommen und an einer anderen Stelle durch eine ebenfalls gasdurchlässige Schicht abgegeben wird. Die Sauerstoffaufnahme/-abgabe wird durch Druckunterschiede bewirkt, wobei die unterschiedlichen Drücke durch den Motor selbst erzeugt und mittels Regelmechanismen (Ventile) gesteuert werden. Die auf diese Weise mit Sauerstoff hoch angereicherte Luft wird dann zusammen mit dem Kraftstoff auf herkömmlichen Weg der Verbrennung zugeführt. Mit Hilfe dieses Verfahrens wird eine deutlich bessere Kraftstoffausnutzung bei höherer Leistung und größerer Umweltverträglichkeit erzielt. Aufgrund der hohen Wärmekapazität und der thermischen Stabilität der sauerstoffaufnehmenden und transportierenden Substanz kann der Sauerstoffanreicherungs-kreislauf gleichzeitig zur Kühlung des Verbrennungsraumes genutzt werden.

Die beigefügte Zeichnung zeigt das Prinzipschema eines Verbrennungsmotors mit einem Sauerstoffanreicherungs-kreislauf.



DE 41 17 829 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur hohen Sauerstoffanreicherung der Verbrennungsluft für alle Arten von Verbrennungsmotoren und Feuerungsanlagen.

Es sind Lösungen bekannt, die eine Sauerstoffanreicherung der Verbrennungsluft in Verbrennungsmotoren und Feuerungsanlagen anstreben, um eine deutlich bessere Kraftstoffausnutzung bei höherer Leistung und größerer Umweltverträglichkeit zu erreichen. Zur Verwirklichung dieser Verfahren kann man ganz allgemein zwei Entwicklungsrichtungen unterscheiden.

Erstens: Es werden bekannte Oxidationsmittel eingesetzt, die Sauerstoff einmalig abgeben können und dann aber ausgetauscht und erneuert werden müssen. Beispiel: Die Nutzung von Wasserstoffperoxid ( $H_2O_2$ ) als Sauerstofflieferant zur Verbrennungsförderung (DE-OS 35 45 049 (F02B 47/06)). Dieser Weg ist wegen der ständig notwendigen Erneuerung der Oxidationsmittel sowie wegen der hohen Kosten für deren Herstellung, Lagerung und Vertrieb im großem Maßstab ökonomisch wenig sinnvoll.

Zweitens: Sauerstoff wird aus der Umgebungsluft mit physikalischen Methoden ständig angereichert. Bei den gegenwärtigen Lösungsvorschlägen werden entweder Geräte angeführt, die sehr viel Energie, ein großes Volumen und eine hohe Masse zur Sauerstoffanreicherung benötigen (damit wäre der zu erwartende Leistungsgewinn gering und ein mobiler Einsatz z. B. in Kraftfahrzeugen praktisch unmöglich) — Beispiel: Als "Sauerstoffabscheidegerät" wird ein Zentrifugalabscheider vorgeschlagen (DE-OS 30 18 634 (F02M 25/10)) — oder es gibt Methoden und Vorrichtungen die nur eine geringe Anreicherung von Sauerstoff bewirken können, und dadurch auch nur eine eingeschränkte Leistungssteigerung und eine geringe Umweltentlastung erlauben.

Auch sind sie dadurch vom apparativen Aufwand in Frage zu stellen. Beispiel: Semipermeable Membran zur Sauerstoffanreicherung von Luft (DE 29 38 603 (F02M 25/10)).

Diese Erläuterung des ermittelten Stands der Technik zeigt, daß derzeit noch kein technisches System existiert, daß eine ökonomische Anreicherung von Sauerstoff aus der Umgebungsluft für eine vollständige Verbrennung eines Kraftstoffgemisches erreicht und damit die weiter unten genannten enormen Vorteile dieses Verfahrens voll nutzen kann. Es sind aber seit längerem Stoffe bekannt, die Sauerstoff in großen Mengen reversibel spezifisch lösen und wieder abgeben können. Hierzu liegen erste Versuche und Anwendungen auf dem medizinischen Gebiet vor, wo solche Stoffe als "künstliches Blut", d. h. als Sauerstofftransportmittel fungieren (U. Groß, St. Rüdiger, L. Kolditz, und H. Reichelt, Mitt. bl. Chem. Ges. 37 (1990) Nr. 11). So können beispielsweise Mäuse in einer mit Sauerstoff bei Atmosphärendruck gesättigten Perfluorcarbonverbindung untergetaucht längere Zeit überleben. Eine Reihe dieser Stoffe sind in [St. Rüdiger, J. Fluorine Chem. 42,403 (1989)] aufgeführt und beschrieben. Die in den Ansprüchen 1–8 angegebene Erfindung macht sich die hohe spezifische Sauerstofflöslichkeit dieser Stoffe zunutze und wendet sie in einem technischen Verfahren an.

Die Verbrennung von Kraftstoffen in herkömmlichen Motor- und Verbrennungsanlagen verläuft im chemischen Sinne (und damit vom Stoff- und Energieumsatz her) unvollständig ab, da der Sauerstoff bei der Verbrennung nur ungenügend mit den zu verbrennenden

Stoffen in Wechselwirkung tritt. Es gehen in die Verbrennung nur 20,95 Volumenprozent Sauerstoff aus der Umgebungsluft ein, die anderen Gase, im wesentlichen zusammengesetzt aus Stickstoff (78,08%), Edelgasen (0,935%), Kohlendioxid (0,03%), nehmen entweder an der Oxidation überhaupt nicht teil oder stören sogar die Verbrennung. Es bilden sich Stickoxide (Umweltgift), Ruß (begünstigt Motorverschleiß), unvollständig verbrannte Kohlenwasserstoffe, Kohlenmonoxid (Kennzeichen für ungenügende Ausnutzung des Kraftstoffes). Bei einer vollständigen Umsetzung der Ausgangsstoffe entstehen nur Kohlendioxid und Wasser.

Der in den Ansprüchen 1–8 angegebenen Erfindung liegt das Problem zugrunde, durch den Einsatz von reinem bzw. fast reinem Sauerstoff die genannten Unzulänglichkeiten beim Verbrennungsvorgang weitestgehend zu beheben und die später aufgeführten Vorteile der vollständigen Oxidation von Kraftstoffen zu nutzen.

Deshalb ist es Aufgabe der Erfindung, eine Sauerstoffanreicherung der Verbrennungsluft mit einer einfachen und effektiven Methode zu erreichen, die auch vom apparativen Aufwand zu vertreten ist.

Erfindungsgemäß werden an sich bekannte Stoffe/Stoffgemische eingesetzt, die in der Lage sind, unter milden Bedingungen (z. B. kleinen Druckänderungen) Sauerstoff aus der Umgebungsluft reversibel spezifisch aufzunehmen und wieder abzugeben, befähigt dazu durch Bildung bzw. Zerstörung chemisch schwacher Bindungen zu Sauerstoff oder durch das Vorhandensein von sauerstoffspezifischen Hohlräumen im Molekülverband oder einer Kombination beider Effekte. Zu diesen Stoffen gehören chemische Substanzen der Stoffgruppen Perfluorcarbone, Eisen-Chelatkomplexe, Hämoglobine, bestimmte Kobaltkomplexe usw., wobei die Perfluorcarbone zu den z. Z. aussichtsreichsten Stoffen gehören, die in diesem Verfahren eingesetzt werden können. Denn sie besitzen ein hohes Sauerstoffaufnahme/-abgabeverhältnis (die Sauerstofflöslichkeit gebräuchlicher Perfluorcarbone beträgt etwas mehr als 50 ml  $O_2$  pro 100 ml Perfluorcarbon (F-Oktylbromid, F-Dihexylether)), sie sind chemisch außerordentlich stabile Verbindungen (temperaturbeständig, korrosionsfest, praktisch unbegrenzt lagerfähig), nicht toxisch (die  $LD_{50}$ -Werte liegen zwischen 40 und 60 g/kg bei intraperitonealer Gabe in der Maus), leicht recycelbar und haben eine hohe Wärmekapazität. Sie sind großtechnisch herstellbar und somit kostengünstig verfügbar. Eine höhere Sauerstoffspezifität weisen Hämoglobin-Lösungen auf, die verkapselt z. B. in Lipid-Membranen rote Blutzellen simulieren oder in Form von miteinander verbundenen Hämoglobin-Molekeln, dem Polyhämoglobin, vorliegen.

Gleich gute Ergebnisse in dieser Hinsicht erzielen auch Eisen-Chelat- und bestimmte Kobaltkomplexe sowie modifizierte Perfluorcarbone, die zusätzlich zur physikalischen Lösung von Sauerstoff schwache chemische Bindungen zu  $O_2$  ausbilden.

Solch ein Stoff/Stoffgemisch wird in einem geschlossenen Kreisprozeß in flüssiger Form geführt, wo er unter bestimmten Bedingungen (definierte Druckunterschiede oder kombinierte Druck- und Temperaturänderungen) an einer Stelle des Kreislaufs Sauerstoff aus der Umgebungsluft durch eine gasdurchlässige Membran mit großer Oberfläche spezifisch aufnimmt und an einer anderen Stelle durch eine ebenfalls gasdurchlässige Schicht wieder abgibt. Der so gewonnene Sauerstoff wird dann mit herkömmlichen Methoden dem Verbrennungsraum zugeführt. Der Sauerstoffanreicherungs-

kreislauf wird mittels einer vom Motor angetriebenen Pumpe ständig im Umlauf gehalten. Die zur Sauerstoffaufnahme/-abgabe nötigen Druckunterschiede werden durch den Motor selbst erzeugt (Unterdruck beim Ansaugtakt, Überdruck mittels eines Abgasturboladers oder eines Verdichters) und durch geeignete Regelmechanismen (Ventile) genau gesteuert. Die Menge des Umlaufmittels hängt von seinem zeitlichen Durchsatz im System ab, d. h. je schneller das Sauerstofftransportmittel im Prozeß zirkuliert um so weniger wird davon gebraucht (Grenzwert bildet hier die Diffusionsgeschwindigkeit der Gase durch die Membran). Die benötigte Umlaufmenge beträgt bei normaler Prozeßführung bei einem durchschnittlichen Pkw-Motor ca. 20–40 l.

Zusätzlich kann dieser Kreislauf zur Kühlung des Verbrennungsraumes genutzt werden. Die im Vergleich zu Wasser etwas geringere Wärmekapazität der Perfluorcarbone wird durch die vorhandene größere Umlaufmenge voll ausgeglichen.

Hieraus ist ersichtlich, daß durch eine einfache Technik, durch die reversible kontinuierliche Arbeitsweise, durch Einsparung eines zusätzlichen Kühlkreislaufs, dem Wegfall des herkömmlichen Katalysators sowie durch eine deutlich geringe Abmessung des Motors auch ein mobiler Einsatz leicht möglich und ökonomisch sinnvoll ist.

Die durch die Erfindung erreichten Vorteile bei Verbrennungsmotoren sind im wesentlichen in folgenden Fakten zu sehen:

1. einer Motorleistungssteigerung durch Erhöhung des Drehmoments, hervorgerufen durch kräftigere und kürzere Explosionen im Zylinder, sowie gekennzeichnet durch ein besseres Kaltstartverhalten usw.
2. einer besseren Kraftstoffausnutzung, wobei der Verbrauch an Kraftstoff insgesamt bis zu 50% niedriger liegt
3. einer stark verminderten Umweltbelastung, da kein Ausstoß von Stickoxiden, unverbrannten Kohlenwasserstoffen, Kohlenmonoxid, Ruß erfolgt. Derzeitige Katalysatoren können ganz entfallen.
4. einem geringeren Verschleiß, da fast keine Verbrennungsrückstände mehr wie z. B. Ruß anfallen
5. einer kleineren Motorenmasse und -abmessung, weil ein kleinerer Hubraum die gleiche Leistung erzielt, wie ein größerer vorher, da ca. 79 Vol.-% am Verbrennungsvorgang nicht beteiligter Gase vorher entfernt werden.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Die Zeichnung zeigt ein Prinzipschema für einen mobilen Verbrennungsmotor mit einem Sauerstoffanreicherungskreislauf.

Das geschlossene Rohrsystem ist so gestaltet, daß eine gasdurchlässige oberflächenvergrößerte Membran 2 in Fahrtrichtung angeordnet ist, auf die mit Hilfe eines Abgasturboladers 1 oder eines Gebläses 1 verdichtete Luft trifft. Hier nimmt das sich im Rohr befindliche flüssige Perfluorcarbon Sauerstoff aus der Luft auf. Das nun sauerstoffreiche Umlaufmittel wird in Richtung Motor 10 gepumpt, wobei es sich auf Grund der Motorabwärme erwärmt. Durch die in Motornähe angeordnete gasdurchlässige Membran 4, tritt der Sauerstoff bei Druckerniedrigung im Ansaugtakt und bei erreichter Temperaturerhöhung (zusätzlicher sekundärer Effekt, der die generelle Temperaturabhängigkeit gelöster Gase in

Flüssigkeiten beinhaltet, wonach die Löslichkeit bei steigender Temperatur abnimmt) in den Rohrteil 5 aus, wo er dann zusammen mit dem Kraftstoff 7 in herkömmlicher Weise der Verbrennungskammer 8 zugeführt wird. Das nun sauerstoffarme Umlaufmittel wird weiter mittels einer vom Motor 10 angetriebenen Pumpe 11 durch die Zylinderwandungen 9 gepreßt, wo es die beim Verbrennungsvorgang entstehende Wärme abführt. Die aufgenommene Wärme wird durch die vom Fahrtwind 13 gekühlten Kühlrippen 12 an die Umwelt abgegeben. Das 50 abgekühlte sauerstoffarme Perfluorcarbon wird wieder an der gasdurchlässigen Membran 2 vorbeigeführt, wobei es erneut den Sauerstoff aus der verdichteten Luft aufnimmt. Der auf diese Weise geschlossene Kreislauf dient also gleichzeitig der Sauerstoffanreicherung der Verbrennungsluft und der Kühlung des Verbrennungsraumes und wird ständig mittels einer vom Motor angetriebenen Pumpe 11 in Bewegung gehalten. Die nötigen Druckunterschiede werden durch Ventile 5 geregelt und andere Parameter (wie Temperatur, zeitlicher Mengendurchfluß, Sauerstoffsättigung usw.) werden durch elektronische Sensor-Schaltungen 3 überwacht und angezeigt.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur hohen Sauerstoffanreicherung der Verbrennungsluft im Verbrennungskreislauf von mobilen und stationären Verbrennungsmotoren und Feuerungsanlagen, dadurch gekennzeichnet, daß an sich bekannte chemische Stoffe/Stoffgemische, die bei Druckgefälle oder bei kombiniertem Druck- und Temperaturunterschied Sauerstoff reversibel spezifisch aufnehmen und abgeben, in einem Kreislaufsystem zur hohen Anreicherung von Sauerstoff aus der Umgebungsluft und dessen Abgabe zur vollständigen Verbrennung von Kraftstoffen eingesetzt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die chemischen Substanzen gleichzeitig zur Kühlung des Verbrennungsmotors bzw. der Feuerungsanlage genutzt werden.
3. Verfahren nach Patentanspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die verwendeten chemischen Substanzen zu folgenden Stoffgruppen gehören: Perfluorcarbone, EisenChelatkomplexe, Hämoglobine, bestimmte Kobaltkomplexe.
4. Verfahren nach Anspruch 1–3, dadurch gekennzeichnet, daß die genannten Stoffe/Stoffgemische in flüssiger Form im Prozeß geführt werden.
5. Verfahren nach Anspruch 1–4, dadurch gekennzeichnet, daß die benötigten Druckunterschiede für den spezifischen Sauerstoffaufnahme/-abgabevorgang durch den Verbrennungsmotor selbst erzeugt (Druckminderung im Ansaugtakt, Druckerhöhung mittels eines Abgasturboladers oder eines Gebläses) und durch geeignete Regelmechanismen (Ventile) gesteuert werden.
6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens in mobilen Verbrennungsmotoren nach Ansprüchen 1–5, dadurch gekennzeichnet, daß ein geschlossenes Rohrsystem derart gestaltet ist, daß durch einen Abgasturbolader (1) oder ein Gebläse (1) verdichtete Luft auf eine sich in Fahrtrichtung befindliche gasdurchlässige Membran (2) gelangt, der aufgenommene Sauerstoff durch eine gasdurchlässige Schicht (4) in Motornähe abgegeben wird und die vom Motor freigesetzte Wärme in den Zylinder-

wandungen (9) durch das Perfluorcarbon abgeführt und mittels der in Fahrtrichtung und vor der Membran (2) angeordneten Kühlrippen (11) an die Umgebung abgegeben wird.

7. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der geschlossene Kreislauf durch eine vom Motor (10) angetriebene Pumpe (11) in ständigem Umlauf gehalten wird. 5

8. Vorrichtung nach Anspruch 7 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß mittels des in der Rohrleitung (5) angeordneten Ventils (6) die erforderlichen Druckunterschiede geregelt und andere Parameter wie Temperatur, Sauerstoffsättigung, Durchlaufmenge usw. mittels elektronischer Sensor-Schaltungen (3) überwacht und angezeigt werden. 10 15

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

— Leerseite —

